

Penyilangan N -Titik Acak dalam Algoritme Genetika untuk Permasalahan Pohon Rentang Minimum

Vebri Satriadi
Program Studi Sarjana Informatika
Universitas Islam Indonesia
Sleman, Indonesia
16523020@students.uii.ac.id

Zainudin Zukhri
Program Studi Sarjana Informatika
Universitas Islam Indonesia
Sleman, Indonesia
965240102@uui.ac.id

Abstrak—Makalah ini akan membahas pengembangan teknik penyilangan untuk penyelesaian permasalahan Pohon Rentang Minimum dengan menggunakan Algoritme Genetika. Hal tersebut dilatarbelakangi oleh beberapa penelitian sebelumnya yang membahas Algoritme Genetika dengan berbagai teknik penyilangan yang beragam dan cukup umum. Makalah ini belum bertujuan untuk membahas implementasi Algoritme Genetika pada kasus nyata, namun sebatas model komputasi. Pembahasan lebih lanjut mengenai kinerja Algoritme Genetika untuk kasus nyata merupakan tahap selanjutnya dari penelitian ini. Teknik penyilangan yang diusulkan berupa penyilangan pada titik yang dipilih secara acak, kemudian pada titik tersebut dipilih kembali disilangkan atau tidaknya gen pada kromosom tersebut. Pengujian dilakukan dengan data buatan dan dengan parameter-parameter Algoritme Genetika seperti probabilitas penyilangan dan mutasi masing-masing sebesar 50%, dan 5%, ukuran populasi, dan banyak generasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kebugaran yang didapatkan lebih baik daripada sebelum dilakukannya optimasi. Oleh karena itu, Algoritme Genetika dengan menggunakan metode penyilangan N -Titik Acak yang diusulkan mampu menemukan solusi alternatif untuk memecahkan masalah Pohon Rentang Minimum.

Kata Kunci—Algoritme Genetika; penyilangan; Pohon Rentang Minimum; Optimasi

I. PENDAHULUAN

Pohon Rentang Minimum sebagai suatu bentuk model permasalahan dalam riset operasi yang menerapkan teori Graf sebagai landasan dasarnya yang dapat merepresentasikan berbagai kasus nyata, seperti menyelesaikan permasalahan jaringan listrik, saluran pipa air, penjadwalan, dan lain-lain. Pada masalah Pohon Rentang Minimum, solusi didapatkan dari penentuan busur-busur yang menghubungkan titik-titik yang terdapat pada jaringan, sehingga didapatkan solusi yang memiliki total bobot minimum [1]. Beberapa metode telah dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya untuk menyelesaikan kompleksnya permasalahan Pohon Rentang Minimum, seperti Algoritme Kruskal, Algoritme Prim, dan Algoritme Genetika.

Dalam beberapa penelitian sebelumnya, beberapa peneliti mencoba memecahkan turunan dari Pohon Rentang Minimum seperti Multi-Criteria Minimum Spanning Tree yang dilakukan oleh Zhou dan Chen [2] dan Capacited Minimum Spanning Tree yang dilakukan oleh Ruiz, dkk [3]. Kedua penelitian tersebut menggunakan Algoritme Genetika sebagai metode optimasi pada permasalahan Pohon Rentang Minimum.

Dalam penelitian ini, peneliti mengusulkan pengembangan Algoritme Genetika dalam memecahkan masalah Pohon Rentang Minimum yakni dengan mengembangkan teknik penyilangan yang berbeda dari penelitian-penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan.

Pada beberapa penelitian sebelumnya, Algoritme Genetika diterapkan pada masalah Pohon Rentang Minimum. Penelitian-penelitian tersebut dengan teknik penyilangan yang berbeda-beda seperti yang dapat dilihat pada Table 1.

TABLE I. TABEL PENGGUNAAN TEKNIK PENYILANGAN

No	Penulis	Topik Bahasan	Teknik Penyilangan
1	Gengui Zhou dan Mitsuo Gen [2]	Penggunaan Algoritme Genetika dalam memecahkan masalah multi-criteria MST	Uniform Crossover, probabilitas: 20%
2	Efrain Ruiz, Maria Albareda, Elena Fernandez, Mauricio G. C. [3]	Penggunaan metode Random-Key Genetic Algorithm untuk permasalahan Capacited MST	Parameterized Uniform Crossover
3	Jeremiah Numela, Bryant A. Julstrom [4]	Penyelesaian minimum label spanning tree dengan Algoritme Genetika	Order Crossover, probabilitas: 70%
4	Rui Saldueiro, Ana de Almeida, dan Orlando Oliveira [5]	Pembuatan metode Algoritme Genetika baru untuk permasalahan min-degree constrained MST	Uniform Crossover
5	Carlos A. Coello Coello dan Gregorio Torcano Pulido [6]	Penggunaan metode Micro-Genetic Algorithm untuk Multiobjective Optimization	Simulated Binary Crossover, probabilitas: 80%
6	Yu Li dan Youcef Bouchebaba [7]	Pengembangan Algoritme Genetika untuk memecahkan masalah Optimal Communication Spanning Tree Problem	Path Crossover, probabilitas: 60%
7	Taufik Hidayat [8]	Penggunaan Algoritme Genetika untuk memecahkan permasalahan Pohon Rentang Minimum	Pengembangan crossover baru, probabilitas 25%

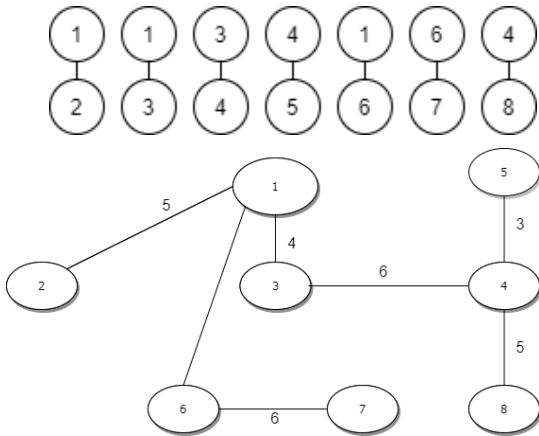
Penelitian-penelitian tersebut menggunakan teknik penyilangan seperti *Uniform Crossover*, *Parameterized Uniform Crossover* yang merupakan pengembangan dari teknik *Uniform Crossover*, *Order Crossover*, *Simulated Binary Crossover*, dan *Path Crossover*. Penelitian ini akan mengembangkan teknik penyilangan baru yang dapat diterapkan pada masalah Pohon Rentang Minimum.

Algoritme Genetika memiliki berbagai operator untuk diterapkan ke dalam proses seleksi, seperti penyilangan dan mutasi. Pada penelitian ini, tujuan dilakukan pengembangan pada operator penyilangan adalah agar keturunan yang dihasilkan mampu mewarisi sifat-sifat terbaik dari induk-induknya. Hal ini sangat menentukan penerapan Algoritme Genetika sebagaimana disampaikan oleh Michalewicz [9]. Penelitian ini mengembangkan teknik operator genetika penyilangan sendiri yang disebut *N-Titik Acak*. Nilai kebugaran yang dihasilkan diharapkan mampu menghasilkan kromosom dengan nilai kebugaran yang lebih baik.

II. MATERI DAN METODE

A. Representasi Kromosom

Pada penelitian ini, akan digunakan representasi kromosom yang diusulkan oleh Hidayat (2000). Representasi kromosom yang diusulkannya terdiri dari dua sub-kromosom dengan lebar yang sama [8]. Pada sub-kromosom yang pertama untuk menyatakan simpul yang menjadi titik asal dan sub-kromosom kedua berupa simpul yang menjadi titik tujuan dari busur. Pada intinya, kedua sub-kromosom pada posisi yang sama dihubungkan dengan satu busur seperti pada Gambar 1.

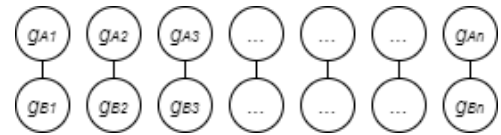


Gambar 1. Representasi kromosom pada Pohon Rentang Minimum

Penerapan representasi kromosom tersebut berupa larik multi-dimensi. Larik tersebut berisi sebanyak dua kolom dan n -baris dengan rincian sebagai berikut:

- 1) Kolom pertama menunjukkan sub-kromosom pertama yang berbentuk bilangan bulat dengan ketentuan $0 < g_{Bi} \leq i$. Pasangan gen ini dengan gen pada urutan yang sama dalam sub-kromosom pertama harus menyatakan salah satu busur dalam graf.
- 2) Kolom kedua menunjukkan sub-kromosom kedua berbentuk bilangan 1 sampai n yang bersifat permutasi.

Representasi kromosom yang digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Representasi kromosom untuk Masalah Pohon Rentang Minimum

B. Evaluasi Fitness

Fungsi objektif yang diterapkan pada Pohon Rentang Minimum adalah total panjang seluruh busur yang membentuk Pohon Rentang. Nilai yang diharapkan dalam solusi Pohon Rentang Minimum merupakan nilai yang paling kecil, dengan kata lain, fungsi objektif berbanding terbalik dengan nilai pada fungsi *fitness* di penelitian ini. Cara yang sederhana untuk mendefinisikan fungsi *fitness* dinyatakan dalam bentuk (1).

$$eval(v) = \frac{1}{h(v)} \quad (1)$$

C. Penyilangan

Metode penyilangan yang diajukan pada penelitian ini dilakukan dengan memilih titik-titik sejumlah n secara acak. Hasil dari pemilihan titik secara acak tersebut kemudian akan dipilih apakah harus disilangkan atau tidak. Pemilihan tersebut dilakukan secara acak pada gen di kedua pasangan kromosom di titik yang telah terpilih. Proses ini akan diulang hingga titik terakhir. Jika ditemukan suatu masalah seperti adanya kesamaan sub-kromosom yang bersifat permutasi, maka gen tersebut akan dilakukan strategi perbaikan untuk memastikan pembentukan kromosom yang membentuk Pohon Rentang Minimum. Strategi perbaikan memungkinkan untuk mempertahankan kromosom yang tidak layak menjadi kromosom yang layak dan merepresentasikan Pohon Rentang Minimum. Titik-titik yang tidak terpilih selanjutnya akan digantikan dengan gen yang dipilih secara acak dengan memenuhi kriteria berikut:

- 1) Gen yang terpilih harus menyatakan kromosom-kromosom yang mungkin dibentuk.
- 2) Gen yang dipilih harus dapat memberikan peluang terbentuknya representasi Pohon Rentang Minimum.

Populasi yang berisi seluruh kromosom yang telah dilakukan operasi penyilangan akan dilakukan proses regenerasi pada induk sebelumnya. Regenerasi dilakukan untuk mengurangi kromosom-kromosom yang memiliki tingkat kebugaran yang rendah sehingga proses evolusi akan menghasilkan keturunan yang memiliki ketahanan yang tinggi. Regenerasi pada penelitian ini menggunakan metode regenerasi yang menggantikan kromosom-kromosom yang memiliki tingkat kebugaran yang paling rendah [9].

Sementara itu, alur kerja penyilangan *N-Titik Acak* adalah sebagai berikut:

- 1) Memilih titik penyilangan secara acak.

- 2) Mengisi gen yang kosong pada kedua kromosom gen pertama hingga terakhir.
- 3) Menyilangkan gen yang terpilih pada proses sebelumnya secara acak dan memeriksa apakah ada masalah. Jika ditemukan masalah, maka gen tersebut akan dilakukan strategi perbaikan.

Untuk memberi gambaran proses penyilangan yang diusulkan, lihat ilustrasi penyilangan pada Gambar 3 sampai Gambar 6.

1	1	3	4	1	6	5
2	3	4	5	6	7	8
1	2	2	3	3	3	4
2	3	4	5	6	7	8

Gambar 3. Ilustrasi pemilihan titik penyilangan secara acak

1	1	4		5
3	3	5		8
1	2	3		4
4	3	5		8

Gambar 4. Ilustrasi pengisian gen yang kosong pada kedua kromosom gen pertama

1	2	4		5
3	4	5		8
1	1	3		4
4	3	5		8

Gambar 5. Ilustrasi penyilangan pada titik-titik yang terpilih secara acak dan dilakukan revisi pada induk pertama, gen kedua

1	1	3	4	5	2	4
4	3	2	5	6	7	8
1	2	4	3	3	6	5
3	4	6	5	2	7	8

Gambar 6. Hasil akhir metode penyilangan *N*-Titik Acak

Proses akan berlangsung secara berulang dari gen pertama hingga gen terakhir sehingga didapatkan representasi sebuah permasalahan Pohon Rentang Minimum.

D. Mutasi

Penelitian ini juga menggunakan operator mutasi yang diusulkan oleh Hidayat [6]. Operator mutasi ini mengubah sebagian kecil gen di dalam kromosom, yakni sub-kromosom pertama sehingga dapat menjamin terbentuknya representasi Pohon Rentang Minimum. Ilustrasi mutasi yang dimaksud

dapat dilihat pada Gambar 7. Sementara itu, alur kerja mutasi yang diusulkan sebagai berikut:

- 1) Pilih sebuah posisi gen secara acak (*i*).
- 2) Ubah nilai gen pada posisi tersebut secara acak dengan nilai yang tidak boleh lebih dari *i*.

1	1	3	4	5	2	4
4	3	2	5	6	7	8

↓

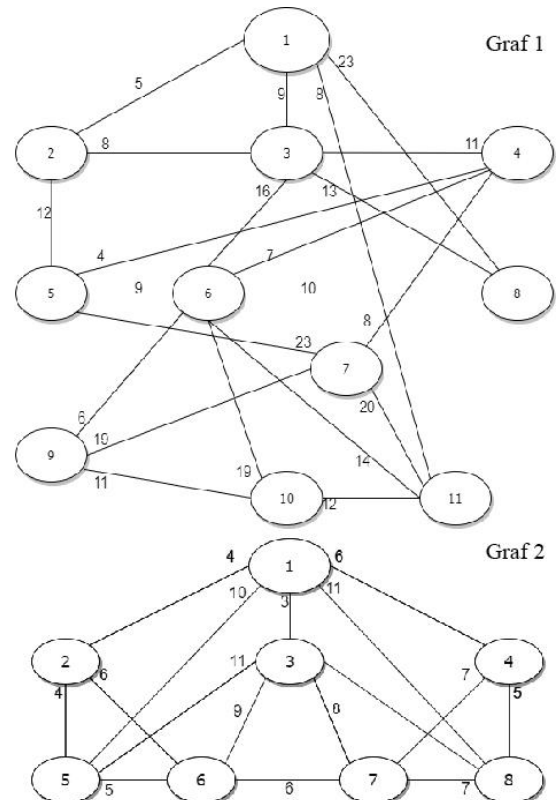
1	1	3	4	3	2	4
4	3	2	5	6	7	8

Gambar 7. Proses mutasi yang diusulkan oleh Hidayat (2000)

III. HASIL DAN DISKUSI

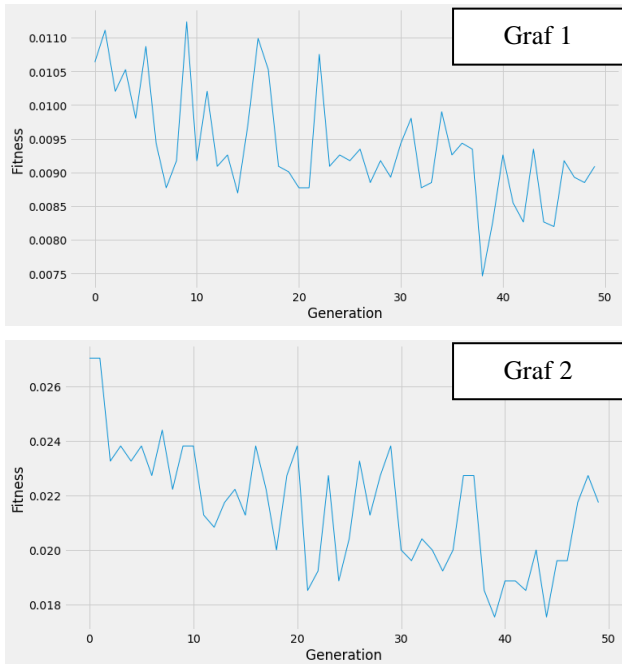
A. Hasil Penelitian

Penelitian ini akan menerapkan teknik penyilangan *N*-Titik Acak pada Algoritme Genetika yang dirancang untuk memecahkan permasalahan Pohon Rentang Minimum. Percobaan dilakukan dengan sebuah data buatan yang diambil secara acak dengan ukuran populasi 100 kromosom dengan panjang kromosom sebesar 10 gen. Selanjutnya, probabilitas penyilangan dan mutasi masing-masing diberi masukkan 50% dan 5%. Banyak generasi yang digunakan sebanyak 50 generasi dengan metode seleksi Roda Roulette. Jaringan yang diujikan pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Permasalahan Pohon Rentang Minimum yang akan dioptimasi dengan Algoritme Genetika

Untuk memudahkan komputasi, Algoritme Genetika pada penelitian ini dijalankan pada bahasa pemrograman Python versi 3.7 dengan bantuan IDE Spyder. Visualisasi hasil grafik perbandingan dijalankan pada *library* Matplotlib. Gambar 9 menunjukkan hasil nilai kebugaran terbaik pada tiap generasi dari Algoritme Genetika dengan penggunaan teknik penyilangan yang diusulkan.



Gambar 9. Grafik perhitungan nilai kebugaran tiap generasi

Setelah iterasi berakhir, didapatkan sebuah kromosom terbaik yang telah melalui proses seleksi yang akan ditetapkan menjadi sebuah solusi dari permasalahan Pohon Rentang Minimum.

Hasil akhir dari proses optimasi menggunakan metode penyilangan yang diusulkan tersebut berbentuk larik multi-dimensi seperti Gambar 10.

1	1	1	8	6	6	9	11	3	6
2	3	11	6	5	9	10	7	8	4

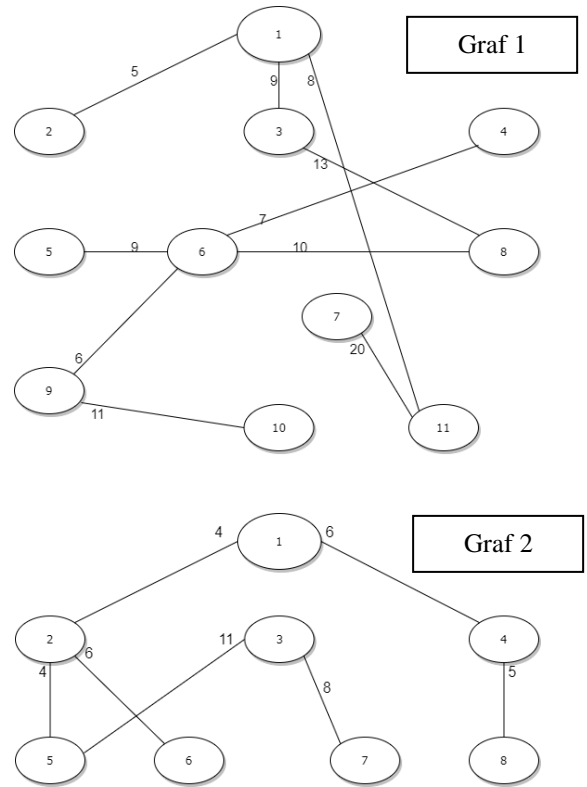
Graf 1

1	1	2	2	5	3	4
2	4	5	6	3	7	8

Graf 2

Gambar 10. Hasil Optimasi Algoritme Genetika pada Pohon Rentang Minimum

Pada matriks tersebut, telah didapatkan total bobot untuk Pohon Rentang Minimum sebesar 98. Gambar 11 menunjukkan ilustrasi graf pada permasalahan Pohon Rentang Minimum yang telah menggunakan metode penyilangan yang diusulkan.



Gambar 11. Hasil Optimasi Algoritme Genetika pada Pohon Rentang Minimum

B. Diskusi

Penelitian ini berfokus kepada pengembangan teknik penyilangan pada Algoritme Genetika. Pada penelitian yang diterapkan dengan data buatan, dan dengan metode penyilangan diusulkan, hasil dari Algoritme Genetika pada Pohon Rentang Minimum dapat merepresentasikan Pohon Rentang Minimum seperti pada Gambar 11. Jika dilihat kembali pada Gambar 9, nilai kebugaran yang dihasilkan tidak beraturan tiap generasi. Hal tersebut dapat dilihat bahwa grafik perbandingan pada Gambar 9, bahwa pada generasi ke-*n* akan menurun, dan pada beberapa generasi berikutnya naik. Selanjutnya, nilai kebugaran yang didapatkan pada iterasi ke-50 menunjukkan bahwa nilai kebugaran yang didapatkan pada graf 1 dan graf 2 masing-masing senilai 0,092 dan 0,021. Nilai ini membuktikan bahwa nilai kebugaran yang didapatkan dari penyilangan *N*-Titik Acak lebih baik daripada nilai kebugaran pada populasi awal. Hal ini sejalan dengan tujuan penelitian, yakni mengembangkan teknik operator penyilangan pada Algoritme Genetika untuk permasalahan Pohon Rentang Minimum.

IV. KESIMPULAN

Algoritme Genetika dapat diterapkan pada permasalahan Pohon Rentang Minimum dengan representasi kromosom yang diajukan oleh Hidayat yang terdiri dari dua buah sub-kromosom. Hasil dari proses optimasi berjalan sehingga hasilnya konvergen dengan nilai kebugaran yang paling besar. Selanjutnya, hasil pengujian pada penelitian ini menunjukkan hasil yang lebih baik daripada pencarian Pohon Rentang Minimum dengan cara acak, hal ini dapat dilihat pada Gambar 9. Pengujian dan penelitian yang telah dilakukan membuktikan

bahwa Algoritme Genetika dengan metode penyilangan yang diusulkan dapat membentuk representasi Pohon Rentang Minimum yang berbentuk Pohon.

Selanjutnya, penelitian ini dapat dikembangkan sebagai suatu aplikasi yang dapat menjalankan Algoritme Genetika pada Pohon Rentang Minimum sehingga pengguna awam dapat memanfaatkannya untuk berbagai kepentingan.

REFERENSI

- [1] Dimiyati, T dan Dimiyati, A. 1999. Operation Research Model-Model Pengambilan Keputusan. Bandung: PT. Sinar Baru Algesindo.
- [2] Zhou, G., & Gen, M. (1999). Genetic algorithm approach on multi-criteria minimum spanning tree problem. *European Journal of Operational Research*. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00016-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00016-2).
- [3] Ruiz, E., Albareda-Sambola, M., Fernández, E., & Resende, M. G. C. (2015). A biased random-key genetic algorithm for the capacitated minimum spanning tree problem. *Computers and Operations Research*. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.11.011>.
- [4] Nummela, J., & Julstrom, B. A. (2006). An effective genetic algorithm for the minimum-label spanning tree problem. *GECCO 2006 – Genetic and Evolutionary Computation Conference*. <https://doi.org/10.1145/1143997.1144097>
- [5] Salgueiro, R., de Almeida, A., & Oliveira, O. (2017). New genetic algorithm approach for the min-degree constrained minimum spanning tree. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.11.007>
- [6] Coello Coello, C. A., & Pulido, G. T. (2001). A micro-genetic algorithm for multiobjective optimization. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. https://doi.org/10.1007/3-540-44719-9_9
- [7] Li, Y., & Bouchebaba, Y. (2000). A New Genetic Algorithm for the Optimal Communication Spanning Tree Problem. (pp. 162-173). Berlin: Springer.
- [8] Hidayat, T. 2000. Algoritma Genetik untuk Pemecahan Persoalan Minimum Spanning Tree. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sistem Cerdas dalam Rekayasa dan Bisnis*, hal 53-62.
- [9] Z. Zuhri, Algoritma Genetika: Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi, Penerbit Andi, 2014.